



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

YANKO FEITOSA SANTOS

**A UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA COMO TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO
PREDITIVA EM INDÚSTRIA DE FIOS – ESTUDO DE CASO**

JOÃO PESSOA – PB

2018

YANKO FEITOSA SANTOS

**A UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA COMO TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO
PREDITIVA EM INDÚSTRIA DE FIOS – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba como parte das exigências à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Virgílio Mendonça da Costa e Silva

JOÃO PESSOA – PB

2018

YANKO FEITOSA SANTOS

**A UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA COMO TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO
PREDITIVA EM INDÚSTRIA DE FIOS – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, apresentado à banca examinadora do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba como parte das exigências à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, tendo obtido o conceito _____, conforme a apreciação da banca examinadora:

Aprovado em: 26 de novembro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Virgílio Mendonça da Costa e Silva
Departamento de Engenharia Mecânica / Centro de Tecnologia / UFPB

Prof. Dr. Rafael Evaristo Caluête
Departamento de Engenharia Mecânica / Centro de Tecnologia / UFPB

Engenheiro Joselio Madruga Estrela

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237u Santos, Yanko Feitosa.

A utilização da termografia como técnica de manutenção preditiva em indústria de fios / Yanko Feitosa Santos.

- João Pessoa, 2018.

33 f. : il.

Orientação: Virgílio Mendonça da Costa e Silva.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Termografia. 2. Manutenção-preditiva. 3.
Indústria-de-fios. I. Mendonça da Costa e Silva,
Virgílio. II. Título.

UFPB/BC

Dedico este trabalho aos meus pais, ao meu irmão Igor, a minha namorada Pollyana pela paciência, dedicação e amor que me dispuseram ao longo da minha vida e principalmente durante a elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e coragem que me deu para realizar este trabalho e não desistir diante de inúmeros obstáculos que apareceram ao longo da realização deste.

Aos meus pais, José Batista e Tereza, pelo amor, por cada palavra de segurança e pelo esforço desmedido em me dar educação e condições necessárias para que hoje eu esteja finalizando essa graduação, tudo que eu escrever ainda é pouco para o muito que me deram.

Aos meus irmãos Igor e Ingrid, que sempre foram espelhos para mim, e o que sou hoje, sem dúvidas, deve-se muito a eles.

A Pollyana, por estar ao meu lado nos momentos em que mais precisei de apoio, sempre acreditando em mim e me dando forças para que eu não desistisse.

Aos meus colegas de cursos que se provaram verdadeiros amigos, Plácido e Romero, pelas inúmeras horas que passamos estudando, compartilhando experiências de vida, aflições, mas também pelas vezes que me fizeram sorrir, onde não conseguia mais achar alegria.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Virgílio Mendonça, pela dedicação nesses meses, disponibilidade e todo conhecimento para a construção desse projeto.

A todos professores que se dedicaram para dar o seu melhor, compartilhando tempo, experiências e conhecimentos, em especial ao Prof. Dr. Rafael Caluete que aceitou participar da banca examinadora e como coordenador do curso de Engenharia Mecânica não mediu esforços para que esse sonho se realiza-se.

Aos meus amigos, por entenderem a minha ausência e por sempre me darem incentivo para continuar.

O que poderia ter sido e o que foi
Apontam para um único fim, sempre presente.

Passos ecoam na memória
Pelo caminho não escolhido
Rumo à porta que nunca abrimos.

- T.S Eliot, “Burnt Norton”

RESUMO

Termografia é a técnica que possibilita a medição de temperaturas ou observação de padrões diferenciais de distribuição de calor, por meio da medição da radiação infravermelha, naturalmente emitida pelos corpos, apresentando imagens térmicas (termogramas) dos componentes, equipamentos ou processos. É amplamente utilizada na mecânica e elétrica, pois apresenta diversas vantagens, como: baixo custo; alto rendimento, com a medição de grandes áreas em pouco tempo; segurança, pois não há necessidade de contato físico com os equipamentos. Dentro da prática termográfica, os componentes que envolvam eletricidade têm a maior aplicação, nos quais se inspeciona aquecimento em acionamentos, aquecimento em bornes, aquecimento em componentes elétricos, quadros de comando até subestações de energia. Em eletricidade e eletrônica, a monitorização constante e a detecção precoce de alterações na temperatura de um determinado componente permitem a prevenção de falhas de maquinaria e consequentes perdas de produtividade, além de resultar em redução significativa nos custos com manutenção corretiva por falhas indesejadas de máquinas, por conta de defeitos em componentes elétricos que as integram. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é fazer um levantamento bibliográfico e apresentar o estado da arte da utilização da Termografia como técnicas de manutenção preditiva em indústria de fios.

Palavras-Chave: Termografia. Manutenção preditiva. Indústria de fios.

ABSTRACT

Thermography is a technique that allows the measurement of temperatures or observation of differential patterns of heat distribution, by measuring the infrared radiation, naturally emitted by bodies, introducing thermal imaging (thermograms) of components, equipment or processes. It is widely used in mechanical and electrical, as it presents several advantages, such as: low cost; high yield, with the measurement of large areas in a short time; security, because there is no need for physical contact with the equipment. In practice, Thermographic, components involving electricity has the widest application, which inspects heating heating drives, terminals, electrical heating, the control panels to power substations. In electricity and electronics, constant monitoring and early detection of changes in temperature of a finished component enable the prevention machinery failures and consequent loss of productivity, and results in reduced significant in corrective maintenance costs for unwanted failures of machines, because of defects in the electrical components. In this context, the objective of this work is to make a bibliographical survey and present the State of the art use of thermography as predictive maintenance techniques in yarn industry.

Keywords: Thermography. Predictive maintenance. Yarn industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática de uma situação geral de medição termográfica.	18
Figura 2 – Emissividade em função do ângulo de visão.....	19
Figura 3 – Exemplo do ponto quente detectado no poste de entrada de energia.	21
Figura 4 – Árvore de falha representando as causas de ocorrência ponto quente em instalações elétricas.	23
Figura 5 – Valores da máxima temperatura admissível.....	25
Figura 6 – Valores de diferença de temperatura e sua classificação.	25
Figura 7 – Composição da temperatura em função da classe de isolamento.....	26
Figura 8 – Temperaturas de alerta para mancais, bombas e redutores.	26
Figura 9 – Matriz de Risco correlacionando classificação de aquecimento com criticidade. ..	27
Figura 10 – Tabela com os prazos de intervenção.....	27
Figura 11 –Gráfico Ordem de serviço em motores que se encontram na rota da termografia.	29
Figura 12 – Tabela Número total e média semanal de Ordens de Serviço por mês	29
Figura 13 – Situação dos motores da rota de Linha de Abertura da Norfil III.	30

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABENDI - Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeções

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

ISO - International Organization for Standardization

ASNT - The American Society for Nondestructive Testing

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

MTA - Máxima Temperatura Admissível

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVO GERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 A INDÚSTRIA TEXTIL NO BRASIL E SUA EVOLUÇÃO	15
2.2 A MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM EMPRESAS DE FIOS.....	16
2.3 TERMOGRAFIA	17
2.3.1 Influência da Emissividade.....	20
2.4 TERMOGRAFIA APLICADO A SISTEMAS ELÉTRICOS	21
2.5 QUALIFICAÇÃO DO TERMOGRAFISTA	24
3 EXEMPLOS DA APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA EM INSTALAÇÕES NA INDÚSTRIA TEXTIL	26
4 RESULTADOS ESPERADOS	29
5 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS.....	33
ANEXO 1	35
ANEXO 2	36

1 INTRODUÇÃO

Ao conjunto de cuidados técnicos indispensáveis para que as máquinas de um parque industrial, bem como outros instrumentos, instalações e ferramentas funcionem de maneira regular e permanente, pertencem ações como a conservação, a adequação, restauração, substituição e prevenção.

Se pensarmos no campo de atuação da manutenção preditiva, ele é bastante amplo. Em cada equipamento ou instalação é possível encaixar pelo menos um tipo de aplicação, dentre as quais, por mais conhecidas e usuais, podem-se destacar: Análise Vibracional, Ferrografia, Termografia, Ultrassom e Análise de Pressões.

Essas técnicas de manutenção preditiva é chamada de Ensaios não destrutivos, que são técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los, métodos não invasivos, sendo executadas nas etapas de fabricação, construção, montagem e manutenção. Essas técnicas, não invasivas, constituem uma das principais ferramentas do controle da qualidade de materiais e produtos, contribuindo para garantir a qualidade, reduzir os custos e aumentar a confiabilidade da inspeção.

A técnica que possibilita a medição de temperaturas ou observação de padrões diferenciais de distribuição de calor, por meio da medição da radiação infravermelha, naturalmente emitida pelos corpos, apresentando imagens térmicas (termogramas) dos componentes, equipamentos ou processos denomina-se termografia.

É amplamente utilizada na mecânica e elétrica, pois apresenta diversas vantagens, como: baixo custo; alto rendimento, com a medição de grandes áreas em pouco tempo; segurança, pois não há necessidade de contato físico com os equipamentos.

A utilização da termografia, um ensaio não destrutivo que tem seu princípio na leitura térmica, através da radiação infravermelha emitida pelos objetos, está fundamentado no método preditivo de manutenção, com propósito de aumentar a confiabilidade dos equipamentos, ou seja, o equipamento estar disponível para executar determinado trabalho, mantendo suas funções continuamente quando este for solicitado. Considerando que toda quebra em equipamentos provocados por disfunção em componentes, apresenta anteriormente um sintoma de falha, detectar a alteração da temperatura normal de operação dos componentes elétricos, tem sido uma prática bastante utilizada pelas indústrias, e a aplicação da termografia é utilizada como método para monitorar a temperatura dos componentes, evitando aquecimento excessivo e possíveis falhas.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho é fazer um levantamento bibliográfico e apresentar o estado da arte da utilização da termografia como técnicas de manutenção preditiva em indústria de fios.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Mostrar as principais características da técnica de termografia;
- b) Apresentar os tipos de manutenção industrial nas empresas de fios;
- c) Mostrar o uso da termografia em sistemas elétricos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A INDÚSTRIA TEXTIL NO BRASIL E SUA EVOLUÇÃO

O início da indústria têxtil no mundo se confunde com o processo que chamamos de Revolução Industrial do século XVIII. Este processo foi responsável pela intervenção das máquinas e de novas tecnologias na produção como, por exemplo, a lançadeira móvel, a produção de ferro com carvão e coque, a máquina a vapor, a fiandeira e o tear mecânicos. Dessa forma, a aplicação da força motriz a mecanização se difundiu no tripé: Indústria Têxtil, Siderurgia e Mineração do carvão. (REZENDE FILHO, 2005).

No Brasil, a indústria têxtil só viria a iniciar suas atividades no fim do século XIX, com a chegada dos imigrantes europeus. Esses imigrantes vieram como forma de resolver um dos grandes problemas para o crescimento do país: a mão-de-obra. Ainda na metade do século XIX, os escravos correspondiam a basicamente toda a força de trabalho brasileira. Este excesso de escravos acabava por emperrar novos empreendimentos no país. (FURTADO, 2007).

A crise de 1929 no mundo e a consequente revolução de 1930 no país, marcam o esgotamento do modelo de crescimento agrário exportador. A crise do sistema cafeeiro abriu espaço para o modelo de industrialização, e iniciando o processo de substituição de importação. O processo de substituição das importações caracteriza-se pela valorização do mercado interno e pela grande participação do estado no processo de industrialização. O governo de Getúlio Vargas foi grande impulsionador do processo de substituição das importações, com a criação de grandes empresas estatais, responsáveis pelos setores base para a industrialização, tais como siderurgia, mineração e refino de petróleo. Esse processo é voltado para dentro do país e não mais para fora. (LUCKTENBERG, 2004).

A indústria têxtil, nos anos que antecedem a crise da dívida externa, passa por um período onde as exportações crescem consideravelmente, porém a produção continuava localizada na região sudeste, centro dinâmico do período de industrialização brasileiro, e local de instalações das maiores indústrias multinacionais no Brasil. Essa localização da produção demonstra a insatisfação dos industriais da região sul para o modelo de industrialização adotado pelo governo. (LUCKTENBERG, 2004).

Durante os anos de 1945 a 1962 a indústria têxtil já estava consolidada em Santa Catarina. Nestes anos predominou a expansão e verticalização da produção por meio da ampliação da capacidade e alargamento das bases comerciais, com abertura de novos centros

e distribuição. Em Blumenau o setor têxtil já empregava 66,6% de toda a mão-de-obra da cidade, no ano de 1958, e em Brusque esse número chegava a 84,5%. Dessa maneira, no início dos anos de 1960, o setor já apresentava sinais de um oligopólio competitivo, ultrapassando, em toneladas de fio de algodão processado, outros centros industriais têxteis históricos, como Pernambuco, Bahia, Alagoas, Paraíba, Ceará, Maranhão, colocando Santa Catarina lado a lado com Minas Gerais e perdendo apenas para São Paulo e Rio de Janeiro. (GOULARTI FILHO, 2007, apud MAMIGONIAN, 1966).

2.2 A MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM EMPRESAS DE FIOS

A manutenção é de extrema importância para o bom funcionamento de uma indústria. Independente se o administrador de produção foca na produtividade, se os equipamentos não estão com a manutenção adequada. A manutenção precisa cuidar da conservação da indústria, principalmente de máquinas e equipamentos, o planejamento elaborado da manutenção e a execução rigorosa do plano permitem a fabricação constante dos produtos graças ao trabalho contínuo dos equipamentos, reduzindo as paradas da fábrica. (ROCHA, 2000).

É necessária uma manutenção de qualidade para que tenha uma taxa alta de equipamentos disponíveis para a produção, porém a estratégia traçada deve ser ligada diretamente aos resultados da empresa é necessário garantir disponibilidade total do equipamento para operação desejada, com alta qualidade e visando sempre a segurança dos produtos. Assim reduzindo uma parada do mesmo sem estar planejado (KARDEC; NASCIF, 2001).

Martins e Laugeni (2000) afirmam que “uma instalação bem mantida, com baixíssimas interrupções, acaba por trazer a empresa uma vantagem competitiva sobre seus concorrentes”. Os autores afirmam que a importância da manutenção está diretamente ligada à melhora dos equipamentos, pois a qualidade do produto está ligada diretamente a manutenção, ou seja, máquinas com defeitos trabalhando de maneira impropria, não fabricam peças dentro das especificações.

Segundo Tavares (2000) explica que o papel exercido pelos profissionais da manutenção, acaba resultando diretamente nos produtos ou serviços fornecidos pelas empresas, ou seja, a empresa não faz manutenção ou a mesma é mal feita, isto afetará diretamente na qualidade dos produtos ou serviços prestados, cai os lucros, gera custos ainda maiores com mão de obra e estoques; ainda causa o descontentamento de seus clientes.

O conceito mundial de se produzir com mais qualidade e gastando menos, tem levado as indústrias a tratar a manutenção com mais atenção. Existem muitas empresas adotando o conceito de zero quebra, ou seja, não admitem a parada do processo por conta de equipamentos quebrados. (TAVARES, 2000).

Segundo Tavares (2005) a manutenção ganha um novo papel dentro das organizações, deixando de ser vista como um setor de custos e gastos, com a manutenção corretiva reinando absoluta, para se tornar fator estratégico de competitividade das organizações. Os investimentos em métodos, processos, ferramentas para acompanhar o desempenho dos equipamentos, apresentam ganhos de produtividade e um aumento de vida útil dos equipamentos.

A aplicação da manutenção preventiva é primordial para um bom desempenho dos equipamentos ou sistemas. Para que este método seja desenvolvido de forma eficaz é essencial fazer um bom planejamento da determinação dos intervalos das intervenções.

A grande dificuldade do gestor está no estabelecimento da periodicidade das intervenções preventivas. A busca do ponto de equilíbrio entre minimização dos custos e maximização da disponibilidade dos equipamentos é o grande desafio. O que se deseja é que não seja feita intervenções desnecessárias, gerando custos adicionais (ROCHA, 2000).

De maneira geral, é notório que o tipo de manutenção corretiva e/ou preventiva prevalece sobre a indústria têxtil devido aos seus baixos valores de aquisição. Entretanto, o presente trabalho, visa abordar o uso da técnica de termografia como prática de manutenção preditiva nesse setor objetivando uma maior disponibilidade dos equipamentos.

2.3 TERMOGRAFIA

A termografia por infravermelho pode ser definida como uma técnica de avaliação baseada na detecção da radiação, possibilitando a medição de temperaturas e a observação de padrões de distribuição de calor. Esta técnica pode ser utilizada em situações que a variação de temperatura superficial pode indicar alguma condição atípica em sistema qualquer (CERDEIRA et al., 2011).

Os primeiros estudos desta técnica ocorreram em 1800, com Willians Herschel e John Herschel. Em 1917, foi desenvolvido o primeiro detector baseado na interação direta entre emissão de fótons e elétrons de materiais. Em 1946, surgiu o escâner de infravermelho de uso militar, com produção de imagens em horas. Na década 60 foram desenvolvidos os primeiros dispositivos infravermelhos com formação de imagens instantâneas (CORTIZO *et al.*, 2008).

Nos dias atuais, a termografia infravermelha é uma ferramenta consolidada em testes não destrutivos de equipamentos e monitoramento de sistemas dinâmicos. Existe uma vasta gama de aplicações da termografia nas áreas militar, medicina humana e veterinária, industrial e engenharia civil (TITMAN, 2001).

Termografia é a técnica de manutenção preditiva que torna possível a visualização e medição do calor emitido pelas superfícies de qualquer objeto sem a necessidade de contato físico, através da medição da intensidade de radiação infravermelha que é emitida pela superfície de qualquer objeto. Em outras palavras, a termografia é a técnica onde é possível ver e medir temperaturas superficiais dos objetos, fazendo assim, uma comparação nas diferenças de temperaturas para diversas finalidades (CARDOSO; FERNANDES; VALENTIM; 2015).

De acordo com Santos (2005) a termografia por infravermelho baseia-se no fenômeno físico de que, todo objeto com temperatura acima de zero absoluto ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$), emite radiação infravermelha em função da excitação das moléculas das quais é constituído.

A norma ABNT – NBR 15763/ 2009 – define critérios de prioridade de inspeções em sistemas elétricos de potência e a NBR – 15572 trata de termografia como ensaio não destrutivo.

Na maioria dos processos e atividades industriais, o parâmetro temperatura é muito importante. Uma câmera termográfica é uma câmera térmica com capacidade de medir temperaturas apresentando algumas vantagens em relação aos outros sistemas de medição de temperatura, que usam técnicas de contato (SPECMAN, 2010).

O dispositivo responsável em converter a radiação infravermelha em imagens digitais passíveis de análises é a câmara termográfica. Em uma inspeção termográfica, a radiação interceptada pela câmara não é proveniente apenas do objeto sobre observação, mas também do entorno, ao ser refletida no objeto, e da atmosfera. Além de participar com parte da radiação, a atmosfera atenua o valor de radiação do objeto e do entorno que será captado pelo dispositivo. Um esquema do processo de captação de radiação por uma câmara termográfica é apresentado na Figura1.

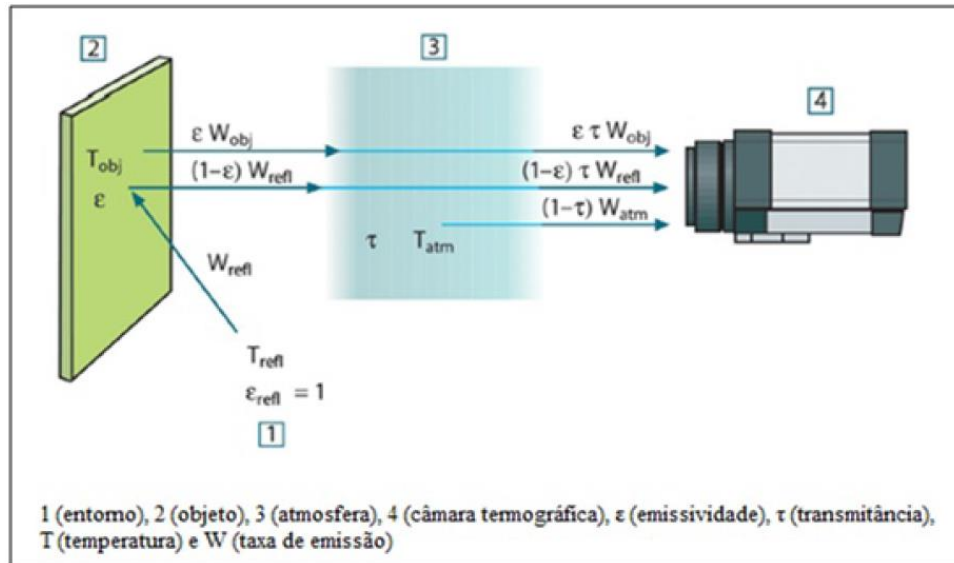


Figura 1 – Representação esquemática de uma situação geral de medição termográfica.

Fonte: FLIR (2011).

O sensor da câmara termográfica converte a radiação captada em pulsos elétricos, os quais são amplificados e convertidos em sinais digitais. Estes sinais são visualizados como imagens coloridas, em uma escala de cinza ou em cores correspondentes a temperatura do objeto. Posteriormente, estas imagens podem ser analisadas por softwares específicos (SANCHES, 2009).

A técnica termográfica, em nível de aplicação, pode ser dividida em passiva e ativa. Na termografia passiva, é considerado que os objetos analisados contêm armazenamento interno de energia térmica ou são estimulados por uma fonte natural de calor, como energia solar. Enquanto que na termografia ativa, os objetos em análise são submetidos a uma fonte artificial de aquecimento ou resfriamento, com o objetivo de provocar o fluxo de calor necessário para geração da imagem térmica (MALDAGUE, 2001).

Já em relação ao método de análise, a técnica termográfica pode ser classificada em qualitativa e quantitativa. No primeiro caso, os termogramas gerados são comparados com padrões térmicos com intuito de localizar anormalidades nos perfis analisados. Enquanto que no segundo caso, as medições de temperatura são usadas para determinar a gravidade da anomalia e como critério de definição das medidas de reparação necessárias (DINIS, 2009).

2.3.1 Influência da Emissividade

O funcionamento da câmera infravermelha é baseado na medição da radiação emitida pelo corpo sob inspeção. Como consequência desse fato a emissividade torna-se um dos principais parâmetros para a correta leitura de temperatura em um termovisor, uma vez que a radiação é muito dependente desta propriedade (CALDEIRA, 2016).

A geometria da superfície é outro fator que influencia na quantidade de energia emitida por um objeto. Alterações de forma causam variações na emissividade de um corpo. Por exemplo, formas côncavas aumentam o valor da emissividade, enquanto formas convexas o diminuem (OLIVEIRA, 2012).

A emissividade aparente, no momento de medição, também depende do ângulo de visão e diminui na medida em que o ângulo de visão aumenta em relação à sua normal. Para medições de temperatura precisas é necessário um ângulo de visão menor que 30° . Em ângulos de visão entre 30° e 60° , um pequeno erro é introduzido na medição infravermelha, mas para ângulos maiores que 60° podem ocorrer erros grosseiros (HOLST, 2000). A Figura 2 ilustra este comportamento.

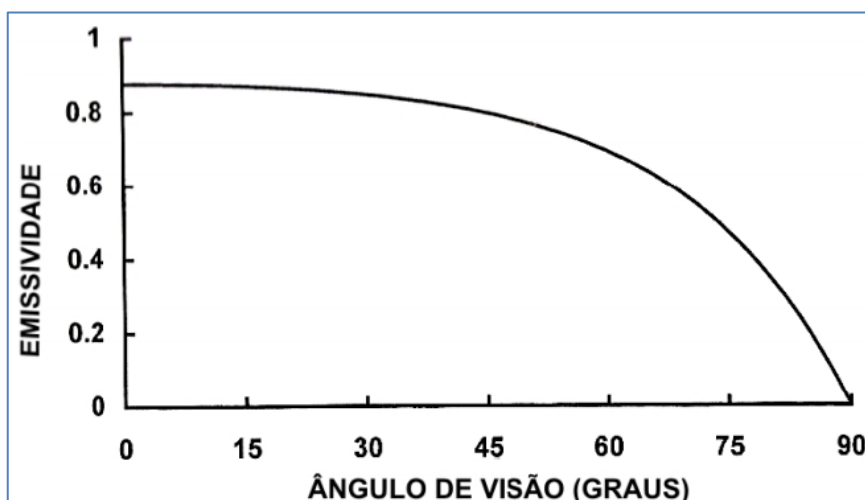


Figura 2 – Emissividade em função do ângulo de visão.

Fonte: HOLST (2000).

Portanto, é recomendável que o operador calibre a câmara com valores de emissividade e transmitância a cada inspeção. Os manuais de câmeras termográficas geralmente trazem tabelas com valores de referência para auxiliar o operador do equipamento (FLIR, 2011).

2.4 TERMOGRAFIA APLICADO A SISTEMAS ELÉTRICOS

A crescente demanda por energia de qualidade e as exigências de órgãos reguladores tem conduzido concessionárias de energia elétrica do país a realizar investimentos cada vez maiores em políticas de manutenção, e uma das principais ferramentas empregadas é o termovisor. Até 1982 a termografia não era assumida como “Técnica de Diagnóstico Preventivo”. Em 1994, a Companhia Energética de Minas Gerais – Cemig – tinha seis termovisores arrefecidos a nitrogênio líquido em seu programa de manutenção. Com o advento dos detectores não refrigerados, 2002/2003, com imagens de alta resolução, e termovisores leves, a utilização do termovisor ganhou um forte impulso. Em 2012 a Cemig Distribuição contava com quarenta e dois termovisores em seu programa de manutenção de acordo com informações fornecidas por engenheiros da empresa (TEIXEIRA, 2012).

Quando a corrente elétrica flui por um condutor, é gerado calor. Os componentes elétricos começam a deteriorar-se após a instalação, devido à sobrecarga elétrica, vibrações, corrosão e envelhecimento. As anomalias aparecem com o aumento da temperatura durante um largo período de tempo, antes da ocorrência de uma falha. A lei de Joule mostra que a energia elétrica se transforma em energia calorífica num receptor ou condutor, sendo diretamente proporcional à resistência deste, ao quadrado da intensidade de corrente e ao tempo de passagem de corrente. O aquecimento anormal associado à resistência elevada ou à excessiva passagem de corrente é a principal causa de muitos problemas elétricos (FLUKE, 2005).

De acordo com C. Filho (2012) as instalações elétricas são hoje as principais fontes de incêndios nas indústrias, bem como o campo mais comum na aplicação de inspeções termográficas industriais. No entanto, apesar de em princípio ser considerada uma aplicação autoexplicativa, vale ressaltar que:

- a) 70% das ocorrências relatadas em uma inspeção termográfica não aconteceram por acaso, foram provocadas por alguma condição inadequada de operação ou instalação;
- b) 45% destas mesmas ocorrências são pontos reincidentes em relação à inspeção anterior. São pontos que por falta de critérios técnicos na inspeção, planejamento e/ou reparo, acabam gerando retrabalhos;
- c) No mínimo 40% de tais ocorrências têm uma única causa. No entanto, se não forem conhecidos serão tratadas todas as ocorrências simplesmente como pontos quentes;

d) No mínimo 20% do sistema elétrico inspecionado estavam indisponíveis à inspeção, devido serem equipamentos reservas ou estarem trabalhando com carga inferior à mínima necessária.

Este índice compromete a Manutenção Detectiva que visa basicamente garantir a disponibilidade operacional do equipamento reserva. Estes índices não são detectados através das inspeções termográficas, mas sim, através do gerenciamento das mesmas (C. FILHO, 2012).

As ligações elétricas devem ser inspecionadas nas caixas de junção, devendo estar todas as ligações a mesma temperatura. É uma anomalia muito usual uma vez que as ligações elétricas são ignoradas nas ações de manutenção. Na inspeção das carcaças dos motores, a imagem termográfica deverá apresentar uma temperatura uniforme. Motores que apareçam mais quentes poderão indicar problemas nos enrolamentos ou curtos-circuitos. Na inspeção de rolamentos, caso eles se encontrem quentes podem indicar problemas de lubrificação ou um elevado desgaste do mesmo. (SPECMAN, 2010).

A Figura 3 mostra uma subestação de entrada, onde foi realizada uma medição na chave em que apresentou um aquecimento acima da carga estimada. Este procedimento é realizado em um intervalo de inspeções de 2 semanas (15 dias). A ação recomendada é de uma limpeza com reaperto do contato.

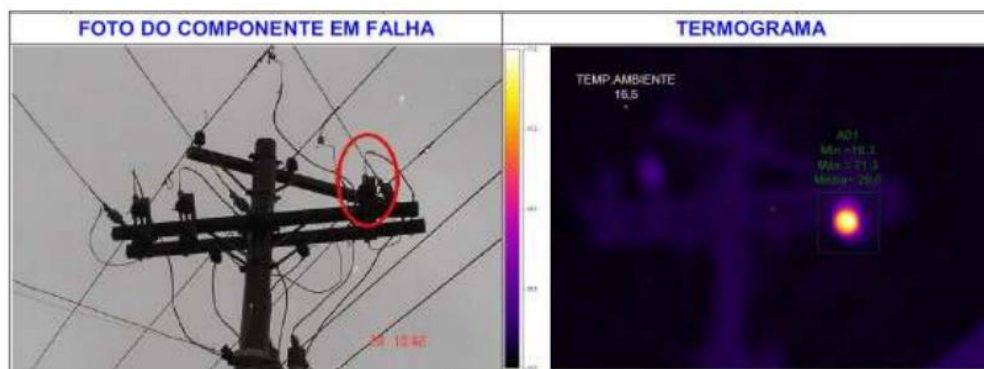


Figura 3 – Exemplo do ponto quente detectado no poste de entrada de energia.

Fonte: PURAC SINTESE (2010).

Uma inspeção termográfica em instalações elétricas identifica problemas causados devidos à elevada resistência causada por superfícies com contato deficiente, a um circuito sobrecarregado, a um problema de desequilíbrio de cargas e harmônicos. O contato deficiente deve-se a ligações soltas, corroídas ou oxidadas e por falhas de componentes. As sobrecargas podem ser por erros de projeto, falhas de montagem e falta de manutenções preventivas. Um desequilíbrio de cargas mostra uma errada distribuição de carga num sistema trifásico, sendo

que uma das fases transporta mais corrente que as outras. Se existir neutro, este aparecerá sobrecarregado (CARDOSO; FERNANDES; VALENTIM; 2015).

Segundo C. Filho (2012) um sobreaquecimento provocado por indução elétrica pode vir a provocar um início de incêndio em um painel. O perfil térmico apresentado no termograma indica a origem do problema, que normalmente é ocasionado pela utilização de tirantes de fixação de isoladores, fabricados em ferro magnético. Um problema de origem interna na bucha de um transformador refrigerado a óleo pode ser detectado através do perfil térmico superficial apresentado no primeiro retentor externo da respectiva bucha. Sempre que houver uma conexão defeituosa em um circuito elétrico, ocorre uma resistência de contato. Esta condição leva à geração por “efeito de joule” de uma energia térmica proporcional à resistência de contato e ao tempo durante o qual passa a corrente, elevando a temperatura no ponto de defeito.

A elevação da temperatura pode alterar a superfície dos contatos, aumentando a sua resistência de contato e agravando o “efeito de joule”. A corrosão e deterioração de ligações elétricas podem ser causadas por causas ambientais, enquanto a vibração, a fadiga e a idade fazem com que as ligações estejam soltas (FLUKE, 2005).

Os equipamentos que podem ser inspecionados são transformadores, geradores, motores, disjuntores, interruptores, fusíveis, cabos elétricos, quadros de distribuição e todos os dispositivos de passagem de corrente em carga. A inspeção termográfica tem de ser feita com a instalação elétrica em carga, sendo necessária uma visão livre do ponto de medição. As portas dos armários e painéis têm de ser abertas ou removidas (SPECMAN, 2010), ou serem providos de janelas de inspeção com vidros especiais para infravermelho.

A Figura 4 mostra uma árvore de falha, onde é possível visualizar por meio de um fluxograma a causa que acarretou a um ponto quente.

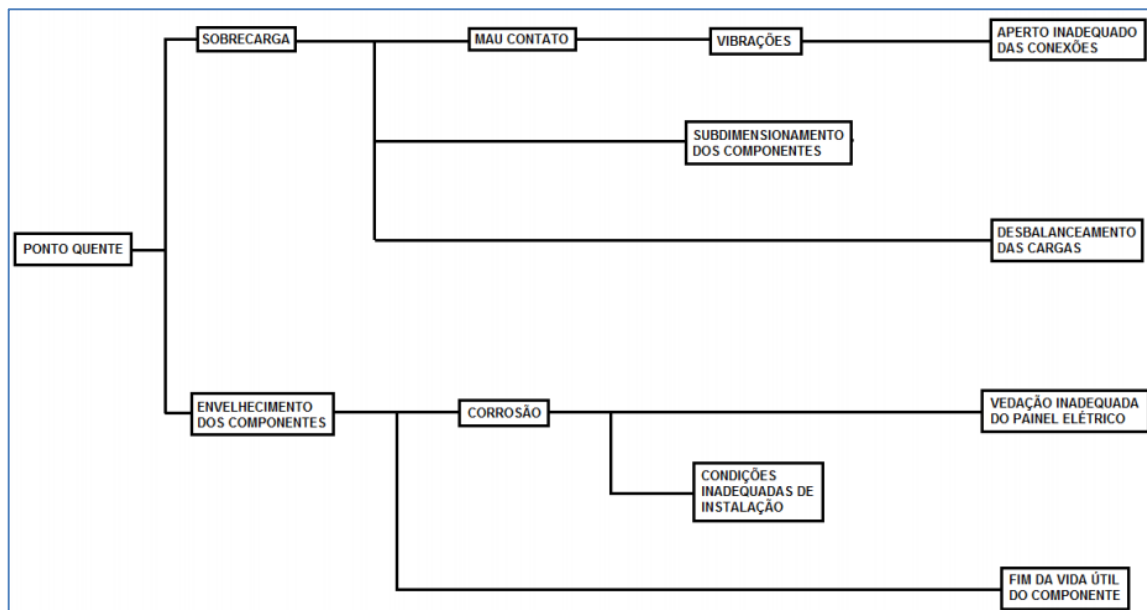


Figura 4 – Árvore de falha representando as causas de ocorrência ponto quente em instalações elétricas.

Fonte: (CARDOSO; FERNANDES; VALENTIM; 2015).

2.5 QUALIFICAÇÃO DO TERMOGRAFISTA

Uma das principais medidas a serem adotadas para se obter maior precisão de imagens infravermelhas capturadas é ter um operador de câmera infravermelha (ou termografista) apto e qualificado para esta tarefa.

Um termografista qualificado deve, primeiramente, ter aptidão visual, natural ou corrigida, e ainda conhecer bem as características e funcionamento da câmera utilizada, bem como saber das propriedades dos objetos em inspeção e ter conhecimentos sobre a transferência de calor e teoria de radiação infravermelha.

Como todos estes fatores podem influenciar no resultado das imagens, tais conhecimentos propiciam diferenciar um defeito real de uma falsa anomalia, tornando a análise mais confiável.

Para adquirir este conhecimento, são necessárias normas que orientem o treinamento de um termografista para que haja procedimentos padronizados na aplicação do método.

De acordo com Santos; Alves e Bortoni (2011), em outubro de 2005 foi estabelecido no Brasil pela ABENDI (Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeções) um grupo de trabalho para dar início à elaboração de regras para a certificação de pessoal qualificado para atuar com o ensaio não destrutivo de termografia infravermelha. Este grupo

teve como base para as discussões duas normas e uma recomendação, todas internacionais. São elas:

- ISO 9712 – Nondestructive testing – Qualification and certification of personnel was prepared by Technical Committee ISO/TC 135, Subcommittee SC 7. Publicada pela Organização Internacional de Normalização (International Organization for Standardization – ISO);
- Recommended Practice No. SNT-TC-1A - Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing publicada pela Sociedade Americana de Ensaos Não Destrutivos (The American Society for Nondestructive Testing – ASNT) e sob direção da SNTTC1A Review Committee2;
- ISO 18436 – Condition monitoring and diagnostics of machines - Requirements for qualification and assessment of personnel - Part 7: Thermography. Foi preparada pelo comitê técnico ISO/TC 108, Subcomitê SC 5 e publicada pela Organização Internacional de Normalização (International Organization for Standardization – ISO).

Como resultado, este grupo de trabalho elaborou a NA-009 – Qualificação e Certificação de pessoas em termografia (ABENDI, 2011), que é a base do curso de certificação em termografia oferecido pela ABENDI, instituição acreditada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) como organismo de certificação de pessoas (OPC).

Além disso, de 2005 a 2010, a comissão de termografia (CE58:000.11), estabelecida pela ABENDI e sob sua direção, juntamente com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), publicou cinco normas relativas ao ensaio de termografia infravermelha (SANTOS; ALVES; BORTONI, 2011):

- ABNT NBR15424 – Ensaos não destrutivos – Termografia – Terminologia.
- ABNT NBR 15572 – Ensaos não destrutivos – Termografia por infravermelho – Guia para inspeção de equipamentos elétricos e mecânicos.
- ABNT NBR 15718 – Ensaos não destrutivos – Termografia – Guia para verificação de termovisores.
- ABNT NBR 15763 – Ensaos não destrutivos – Termografia – Critérios de definição de periodicidade de inspeção em sistemas elétricos de potência.
- ABNT NBR 15866 – Ensaos não destrutivos – Termografia – Metodologia de avaliação de temperatura de trabalho de equipamentos em sistemas elétricos.

3 EXEMPLOS DA APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA EM INSTALAÇÕES NA INDÚSTRIA TEXTIL

Inspeção Termográfica: Componentes tanto elétricos como mecânicos, geralmente aquecem antes de falhar, portanto analisando as imagens térmicas é possível identificar as anomalias e programar intervenções nos pontos mais críticos.

Na empresa têxtil usa-se principalmente o critério de MTA (Máxima Temperatura Admissível), que nada mais é que a maior temperatura a qual um componente pode operar sem risco de falha, como também o critério de comparação de componentes, onde dado componente submetido aos mesmos esforços que outro semelhante, deve apresentar temperatura que respeite os critérios da US NAVY MIL -STD-2194 SH. . Esses valores são extraídos de norma ABNT, tabelas de fabricantes e referências IEC.

A Figura 5 mostra um exemplo dos valores da máxima temperatura admissível tabelados de cada componente, já a Figura 6 mostra sob critérios de diferença de temperatura. Portanto, antes de se iniciar a análise, o profissional responsável tem que dispor dessa tabela para poder fazer a análise corretamente.

COMPONENTES DE AT EM SE'S E DISTRIBUIÇÃO:		COMPONENTES INDUSTRIAIS	MTA (°C)
Seccionadoras	50,0°C	Fios encapados (depende de classe de isolamento)	70,0°C a
Conexões	60,0°C		110,0°C
Cabos	60,0°C	Régua de Bornes	70,0°C
Mufla (Corpo)	45,0°C	Cabos isolados até 15 KV	70,0°C
Transformadores a Óleo – Conexões	90,0°C	Conexões mediante parafusos	90,0°C
Transformadores a Óleo – Corpo	80,0°C	Conexões e barramentos de baixa tensão	90,0°C
Transformadores Secos - Ponto Mais Aquecido	Classe de isolamento 105	Conexões de linha de transmissão aérea	70,0°C
	Classe de isolamento 130	Conexões recobertas de prata ou níquel	90,0°C
	Classe de isolamento 155	Fusíveis (corpo)	110,0°C
	Classe de isolamento 180		

Figura 5 – Valores da máxima temperatura admissível

ΔT entre Componentes	Classificação
10°C - 25°C	Suspeita
25°C - 40°C	Intermediária
40°C - 70°C	Séria
> 70°C	Imediata

Figura 6 – Valores de diferença de temperatura e sua classificação

Além dos componentes elétricos em si, era verificado a temperatura dos motores elétricos, tanto a carcaça como seus componentes de transmissão, tomando por parâmetro normas regulamentadoras, tal como a NBR-7034. Onde diz em um dos pontos que a temperatura do ponto mais quente deve ser mantida abaixo do limite de classe, entre outras. A grande maioria dos motores industriais se encontram na classe de isolamento B e F. Você pode observar essa tabela na Figura 7.

Classe de isolamento		A	E	B	F	H
Temperatura ambiente	°C	40	40	40	40	40
Δt = elevação de temperatura (método da resistência)	°C	60	75	80	105	125
Diferença entre o ponto mais quente e a temperatura média	°C	5	5	10	10	15
Total: temperatura do ponto mais quente	°C	105	120	130	155	180

Figura 7- Composição da temperatura em função da classe de isolamento.

Em relação a da técnica de termografia em elementos do tipo mancais, bombas e redutores, como não se tinha todos os dados dos equipamentos referidos, como: tipos de rolamentos, tipos de graxas e/ou óleo em uso, consideramos rolamentos comuns, e usamos estas temperaturas de alerta como mostra na Figura 8.

TIPO DE LUBRIFICAÇÃO	Alerta
Graxa	80°C
Banho de óleo	65°C
Circuito de óleo	60°C
Correias	60°C

Figura 8- Temperaturas de alerta para mancais, bombas e redutores

Levando em consideração a criticidade e relevância dos equipamentos analisados, em A, B e C, onde:

A: São equipamentos onde a falha pode impactar sobre o fornecimento de energia de toda a planta. Custo de parada muito elevado.

B: São equipamentos onde a falha pode causar parada de produção, porém restrita a um setor da empresa. Custo de parada moderado

C: São equipamentos onde a falha impacta sobre um equipamento, podendo ser facilmente reparada. Impacto mínimo sobre a produção.

Foi criada duas tabelas, uma que mostra a classificação de risco relacionando a classificação de aquecimento com a criticidade dos componentes. Como mostra na Figura 9 e também uma tabela que é usada pela parte de Manutenção/PCM para que eles planejem a execução dos serviços, os prazos para intervenção que são vistos na Figura 10.

CLASSIFICAÇÃO DO AQUECIMENTO	CRITICIDADE		
	A	B	C
CRÍTICO	ALTO	ALTO	MÉDIO
SEVERO	ALTO	MÉDIO	MÉDIO
MODERADO	MÉDIO	MÉDIO	BAIXO
AQUECIDO	MÉDIO	BAIXO	BAIXO

Figura 9- Matriz de Risco correlacionando classificação de aquecimento com criticidade.

INTERVENÇÃO	BAIXA/MÉDIA TENSÃO	ALTA TENSÃO
CRÍTICO	IMEDIATO	IMEDIATO
URGÊNCIA	ATÉ 10 DIAS	ATÉ 05 DIAS
CORRIGIR NA PRÓX.	ATÉ 15 DIAS	ATÉ 10 DIAS
INSP. NA PRÓX.	ATÉ 20 DIAS	ATÉ 15 DIAS

Figura 10- Tabela com os prazos de intervenção.

Foram definidas rotas de forma que todos os componentes dessa serão analisados com periodicidade de no máximo um mês, para que se possa assim fazer um acompanhamento de situação dos componentes, elementos, aumentando a confiabilidade do processo.

Ao fim de cada semana, deve-se entregar aos responsáveis pela manutenção um relatório com todas as máquinas analisadas durante a semana para que eles possam se programar e definir um plano de ação para as que necessitam de cuidado e intervenção.

Tem-se também um banco de dados de cada elemento analisado, nesse banco que é facilmente acessado, podemos analisar em particular cada elemento, suas temperaturas medidas, quando foram, e qual a situação para que com isso a parte de PCM estar cada vez mais municiada de dados e não seja pega de surpresa com uma quebra não programada.

Em anexo estão contidos alguns registros termográficos realizados na fábrica Norfil.

4 RESULTADOS

Mesmo que essa técnica já esteja em uso na indústria, ainda não se levou o tempo necessário para que seus ganhos possam ser vistos em grandes escalas, porém com pouco mais de dois meses de uso, pôde-se ver uma queda nas ordens de serviço dos elementos analisados, dos motores enviados para reparo fora da empresa. Essa queda foi na ordem de 30%, que os integrantes da equipe de manutenção julgaram um resultado bom. Para melhor observar esses resultados, abaixo pode-se ver um gráfico de colunas (Figura 11), que representa a quantidade de Ordem de serviços distribuídos ao decorrer das semanas número 49 do ano de 2017 para a semana 15 do corrente ano, vale salientar que a utilização da termografia como técnica de manutenção preditiva começou a ser feita entre a semana 05 e semana 06, como complemento desses resultados na Figura 12 pode-se ver a quantidade de ordem de serviços totais no mês, como também a média por semana no mês.

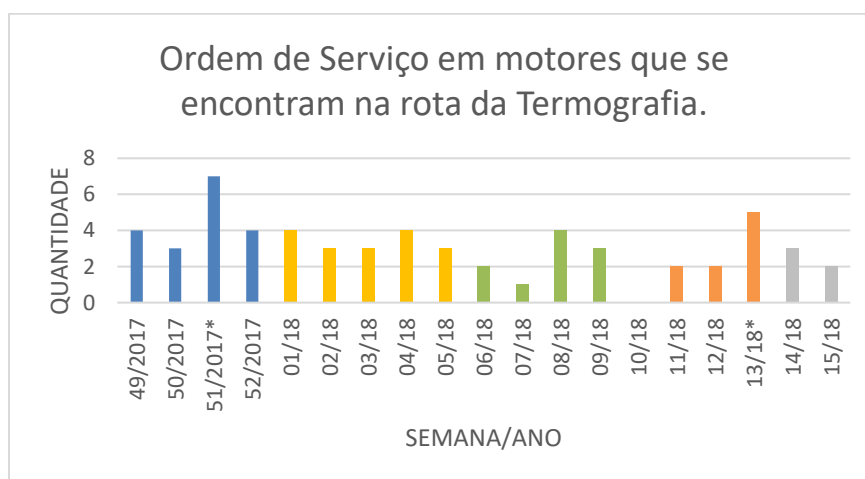


Figura 11- Gráfico Ordem de Serviço em motores que se encontram na rota da Termografia.


Os que aparecem com (*) são porque nessa semana houve parada total das fábricas.

MÊS/ANO	TOTAL	ME/SEMANA
dez/17	18	4,5
jan/18	17	3,4
fev/18	10	2,5
mar/18	9	2,25
abr/2018*	5	2,5

Figura 12- Tabela Número total e média semanal de Ordens de Serviço por mês.

(*) Só foram feitas duas semanas.

Nesse tempo cerca de 18% dos elementos inspecionados apresentaram algum tipo de irregularidade, que estava ou não causando mal funcionamento dos equipamentos, diminuindo a sua confiabilidade. Dentre esses elementos que apresentaram algum tipo de irregularidade, cerca de 16% estavam em estado crítico, e devido ao uso dessa técnica pode-se observar e efetuar o devido serviço, seja de reparo, reaperto, substituição ou lubrificação. Como pode-se observar na Figura 13 abaixo retirada de um dos relatórios semanais entregues a gerencia de manutenção, onde dos 35 motores observados 6 deles se apresentavam em situação insatisfatória, sendo uma inaceitável (em estado crítico).



MANUTENÇÃO ELÉTRICA

Relatório Linha de Abertura NORFIL III

João Pessoa, 28 de março de 2018.

Segue o Relatório referente as condições dos motores de linha de abertura da fábrica NORFIL III, foi feita a análise de 36 motores as medições foram feitas no dia 28 de março do presente ano.

N	MOTOR	SETOR	FÁBRICA	SITUAÇÃO
1	MOTOR DA LVSA 7,5 CV	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
2	MOTOR DA LVSA 1,0 CV	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
3	TV 425	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
4	TV4255 MIII	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
5	MOTOR VENTILADOR 5 SOTOCARDA	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
6	MOTOR ACIONAMENTO VENTILADOR 4	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
7	MOTOR ACIONAMENTO VENTILADOR 3	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
8	MOTOR REDUTOR COMPACTADOR PRENSA	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
9	MOTOR VENTILADOR Q19	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
10	MOTOR VENTILADOR FILTRO 3	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
11	MOTOR VENTILADOR FILTRO 4	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
12	MOTOR COMPACTADOR PENTEADEIRA NORFIL 5	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
13	MOTOR COMPACTADOR PENTEADEIRA NORFIL 1	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
14	MOTOR COMPACTADOR PENTEADEIRA NORFIL 2	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
15	COMPACTADOR SOTOCARDA NORFIL 1	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
16	COMPACTADOR SOTOCARDA NORFIL 4	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
17	COMPACTADOR SOTOCARDA NORFIL 2	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
18	COMPACTADOR SOTOCARDA CF80	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
19	MOTOR CF80 125 CV	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
20	MOTOR VENTILADOR 1 CF80	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
21	MOTOR VENTILADOR 2 CF80	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
22	MOTOR FDR 1	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
23	MOTOR FDR 2	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
24	MOTOR REDUTOR COMPACTADOR DE FIBRA	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
25	MOTOR MS1 LVSA 3 I	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
26	MOTOR MS1 LVSA 3 II	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
27	MOTOR MS4 LVSA 2 I	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
28	MOTOR MS4 LVSA 2 II	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
29	MOTOR CLP M102	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
30	MOTOR CLP II	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
31	MOTOR VENTILADOR MX-I	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
32	MOTOR MS2 BR 80 5 (16 Q12)	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
33	MOTOR MS2 BR 80 5 (17 Q11)	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
34	MOTOR MS2 BR 80 5 (15 Q11)	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	
35	MOTOR MS2 BR 80 5 (17 Q12)	LINHA DE ABERTURA	NORFIL 3	

BOM

SATISFA-
TÓRIO

INSATISFA-
TÓRIO

INACEITÁVEL

Figura 13- Situação dos motores da rota de Linha de Abertura da Norfil III.

De uma maneira geral, os resultados esperados a médio/longo prazo são redução de custos de manutenção, como também aumento na disponibilidade dos equipamentos, fazendo com que se aumente a confiabilidade dos mesmos e gerando um aumento na produção geral da empresa.

Com o incremento dessa técnica, espera-se obter de maneira proporcional o aumento da capacidade produtiva do parque fabril, visto que essa técnica se faz sem precisar com que os equipamentos dos elementos analisados sofram qualquer tipo de parada, evitando assim paradas não necessárias ou programadas, para realizar trocas não funcionais como é visto na manutenção do tipo preventiva.

Mas, deve-se salientar que mesmo que se use os melhores equipamentos, com os melhores profissionais analistas, a manutenção do tipo corretiva nunca irá se extinguir por completo, o que tentamos e buscamos com a utilização dessa técnica é a redução significativa no uso da corretiva não programada, pois quando ocorre uma quebra não programada, vale salientar, 90% desses incidentes não afetam apenas 1 elemento e sim um sistema em geral, fazendo com que as paradas sejam maiores e os custos também.

Além do aumento da disponibilidade, outro ponto de grande importância é o aumento da confiabilidade dos equipamentos de maneira intrínseca, pois se eles quebram menos, a confiabilidade é maior, ou seja, o nível de serviço a que eles podem ser submetidos a nível de programação de produção também aumenta, ou seja, o ciclo se auto alimenta com as informações e a produção tende a aumentar consideravelmente.

5 CONCLUSÃO

Entre as modernas técnicas de manutenção preditiva, a termografia representa uma excelente ferramenta para prevenir falhas e acidentes indesejáveis. Trata-se de uma técnica que possibilita a medição de temperaturas ou observação de padrões diferenciais de distribuição de calor, por meio da medição da radiação infravermelha naturalmente emitida pelos corpos, apresentando imagens térmicas (termogramas) dos componentes, equipamentos ou processos.

A termografia é amplamente utilizada como técnica de manutenção preditiva, para detectar qualquer defeito que gere calor. Assim, é amplamente utilizada em equipamentos mecânicos e em circuitos elétricos, pois apresenta diversas vantagens, como: baixo custo; alto rendimento, com a medição de grandes áreas em pouco tempo; segurança, pois não há necessidade de contato físico com os equipamentos; e não interfere na operação dos sistemas.

Portanto, pode-se dizer que essa técnica de análise é bastante promissora para o setor da indústria têxtil, tendo em vista que a aplicação das técnicas de termografia em sistemas elétricos é uma eficiente ferramenta de diagnóstico na prevenção de falhas em sistemas elétricos, bem como na otimização dos recursos de manutenção.

A implantação da termografia, as vantagens e o retorno do valor investido em curto prazo mostram que a sua implementação não é apenas um diferencial que a empresa pratica em seus sistemas de manutenção, mas sim uma necessidade, pois a não observação desta técnica acarreta em prejuízos que vão desde o desperdício de recursos com manutenções desnecessárias até o potencial risco de destruição parcial ou total do sistema elétrico.

REFERÊNCIAS

- C. FILHO, O. R.. Como e quando terceirizar serviços de Termografia. **PredService - Infrared Thermography**. 2012.
- CALDEIRA, M. M.; 2016, “Aplicação da termografia infravermelha para identificação de danos na aderência entre concreto e polímero reforçado com fibras”, **Tese de doutorado**, UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.
- CARDOSO, FERNANDES, VALENTIM; 2015, “Termografia em instalações elétricas industriais”, **Trabalho de conclusão de curso**, IFF, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- CERDEIRA, F.; VÁSQUEZ, M. E.; COLLAZO, J.; GRANADA, E. Applicability of infrared thermography to the study of the behavior of stone panels as building envelopes. **Energy and Buildings**, Oxford, v. 43, p. 1 845-1 851, 2011.
- CORTIZO E. C.; BARBOSA, M. P.; SOUZA, L. A. C. **Estado da arte da termografia. Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 1 58-1 93, 2008.
- DINIS B. Termografia aplicada à física das construções. 2009. **Monografia (Graduação em Engenharia Civil)** - Universidade de Fernando Pessoa, Porto, 2009.
- FLIR Systems. User’s manual: FLIR Exx series. Wilsonville: **FLIR Systems**, 2011.
- FLUKE. **Introdução aos princípios da termografia**. Ed. ATP, 2005
- FURTADO, Celso. **Formação Econômica do Brasil**. 34. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.
- GOULARTI FILHO, Alcides. **Formação Econômica de Santa Catarina**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007.
- HOLST, G. C. **Common Sense Approach to Thermal Imaging**. 1. ed. Winter Park: JDC Publishing, 2000.
- KARDEC, a.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de janeiro, Editora Qualitymark, 2001.

LUCKTENBERG, Isabella Albertina Barreiros. **A Indústria Têxtil Catarinense e o caso da Cia. Hering**. 2004.

MALDAGUE, X; MOORE, P. O. Nondestructive Testing Handbook: Infrared and Thermal Testing. 3 ed. **Columbus: NDT**, 2001.

OLIVEIRA, T. M. D. **Análise de Sistemas de Energia e Máquinas Elétricas com recurso a termografia**. Porto: Universidade do Porto, 2012.

REZENDE FILHO, Cyro de Barros. **História Econômica Geral**. São Paulo: Contexto, 2005. 8. ed.

SANCHES, I. J. Superposição de imagens de termografia e ressonância magnética: Uma nova modalidade de imagem médica tridimensional. 2009. **Tese de doutorado**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SPECMAN, **Medição e Análise Termográfica, Conceitos Básicos de Termografia**, Portugal 2010.


TAVARES, L. A. **Administração Moderna de Manutenção**. 1ª edição. Rio de Janeiro: Novo Polo, 2000.

TAVARES, L. A. **Manutenção centrada no negócio**. 1ª edição. Rio de Janeiro: NAT, 2005. 164 p.

TEIXEIRA, G. G. D. Confiabilidade metrologica em termografia aplicada em sistemas elétricos. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal de Minas Gerais. 2012.

TITMAN D. J. Applications of thermography in nondestructive testing of structures, **NDT&E International**, Ames, v. 34, p. 1 49-1 54, 2001 .

ANEXO 1



FABRICA
NORFIL III

REGISTRO TERMOGRÁFICO MECÂNICO

NUMERO:	185/18
---------	--------

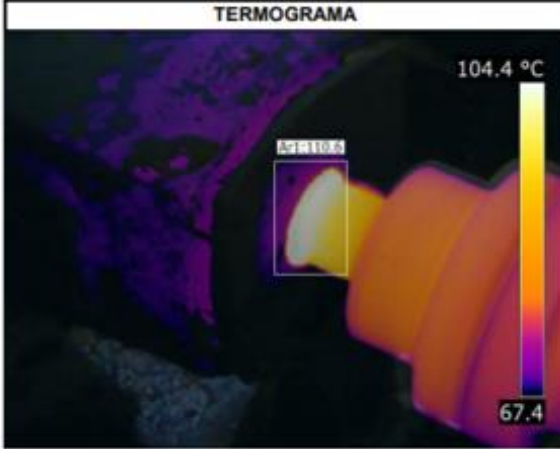
DATA DE INSPEÇÃO:	28/03/2018
-------------------	------------

DESCRIÇÃO DA FUNÇÃO
CENTRAL 03 - MOTOBOMBA 01 - ÁGUA GELADA
PONTO ESPECÍFICO DA ANOMALIA
ÁREA DE ROLAMENTO DA BOMBA, LADO ACOPLADO


EQUIPAMENTO ENVOLVIDO	
MOTOBOMBA	
MÁX. TEMP. ADMISS.	CRITICID. EQUIP.
80°C	A

LOCALIZAÇÃO COMPLEM.:

TERMOGRAMA



FOTO



TEMPERATURAS DO TERMOGRAMA	
	Eixo da Bomba
TEMP. TERMOGR.	110,8°C
TEMP. MÁX. REF.	80,0°C

TABELA COMPARATIVA - MAX. TEMP. ADMISSÍVEIS	
TIPO DE LUBRIFICAÇÃO	Alerta
Graxa	80°C
Banho de óleo	65°C
Circuito de óleo	60°C
Correias	60°C

* Para rolamentos comuns.

DADOS COMPLEMENTARES DA INSPEÇÃO	
----------------------------------	--

Temp. Ambiente:	28°C	Umidade Relat.:	54%	Emissividade:	0,95
-----------------	------	-----------------	-----	---------------	------

RECOMENDAÇÕES

ITEM 01 - HÁ UMA EVIDÊNCIA DE AQUECIMENTO NA ÁREA DO MANCAL DO ROLAMENTO DA BOMBA (LA)

ITEM 02 - VERIFICAR JUNTO A ANÁLISE DE VIBRAÇÃO HISTÓRICO DO EQUIPAMENTO.

ITEM 03 - ENVIAR BOMBA A OFICINA

TERMOGRAMA REINCIDENTE	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	N.º de vezes :	Aquec. evoluiu?	Quanto Graus?	-
------------------------	--	----------------	-----------------	---------------	---

ANEXO 2

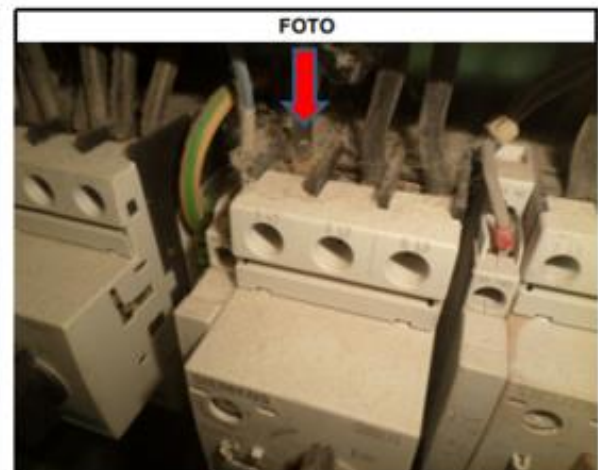
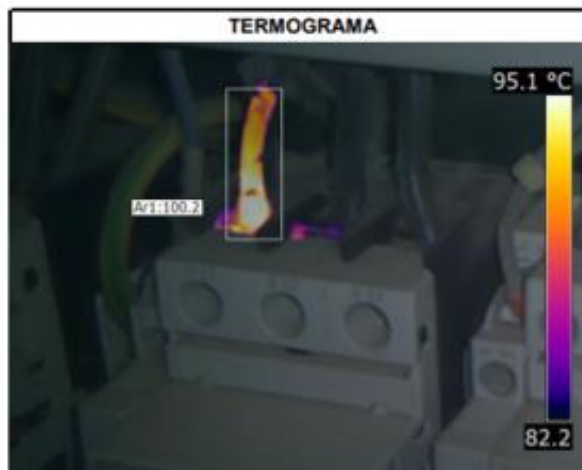


REGISTRO TERMOGRÁFICO ELÉTRICO

FÁBRICA	NÚMERO: 143/18	DATA DE INSPEÇÃO: 28/02/2018
NORFIL 2		

QUADRO/PAINEL	COLUNA	COMPONENTE	TAG
QUADRO FILATÓRIO 46	-	DISJUNTOR MOTOR	Q6
PONTO ESPECÍFICO DA ANOMALIA		MÁX. TEMP. ADMISS.	CRITICID. EQUIP.
CONEXÃO SUPERIOR, FASE:R		90°C	B

LOCALIZAÇÃO COMPLEM.:



TEMPERATURAS DO TERMOGRAMA

PONTOS	Ar1	Ar2	Ar3
AQUEC. MEDIDO	100,2°C		
CARGA	90%		
AQ. CORRIGIDO	114,5°C		

DIAGNÓSTICO

CLASSIFICAÇÃO	NÍVEL DA FALHA	RISCO POTENCIAL
SEV. AQUECIDO	POTENCIAL	MÉDIO
INTERVENÇÃO		
Interv. de urgência, observando as condições operativas.		

DADOS COMPLEMENTARES DA INSPEÇÃO

Temp. Ambiente: 26°C	Umidade Relat.: 55%	Emissividade: 0,85
----------------------	---------------------	--------------------

RECOMENDAÇÕES

☒ AQUECIMENTO NO TERMINAL	☒ SUBSTITUIR TERMINAL DA ANOMALIA EM EVIDÊNCIA
☒ CABO ELÉTRICO	☒ SUBST. TRECHO DO CABO DA ANOMALIA EM EVIDÊNCIA
☒ CONEXÃO: VERIFICAR QUANTO A DESGASTE E OXIDAÇÃO	☒ REALIZAR LIMPEZA E REAPERTO DA CONEXÃO
☒ SOBRECARGA: VERIF. DIMENSIONAMENTO DO CIRCUITO	☒ VERIF. EQUIP. ACIONADO E/OU DIMENS. PROJETO
☒ AQUECIMENTO INTERNO: VERIFIC. CONTATOS PRINCIPAIS	☒ ABRIR EQUIP., REALIZ. INTERV. OU SUBST. COMPON.
OUTRAS RECOMENDAÇÕES:	